



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0038353
(43) 공개일자 2016년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 11/06 (2006.01) H01L 51/52 (2006.01)
H01L 51/56 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0131193
(22) 출원일자 2014년09월30일
심사청구일자 2014년09월30일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
최중호
서울특별시 성북구 성북로4길 52 110-1505(돈암동, 한신한진아파트)
오정도
서울특별시 성북구 안암로9가길 51 406호(안암동5가)
김대규
서울특별시 마포구 성암로 41 102동 301호(중동, 건영 월드컵 아파트)
(74) 대리인
특허법인충현

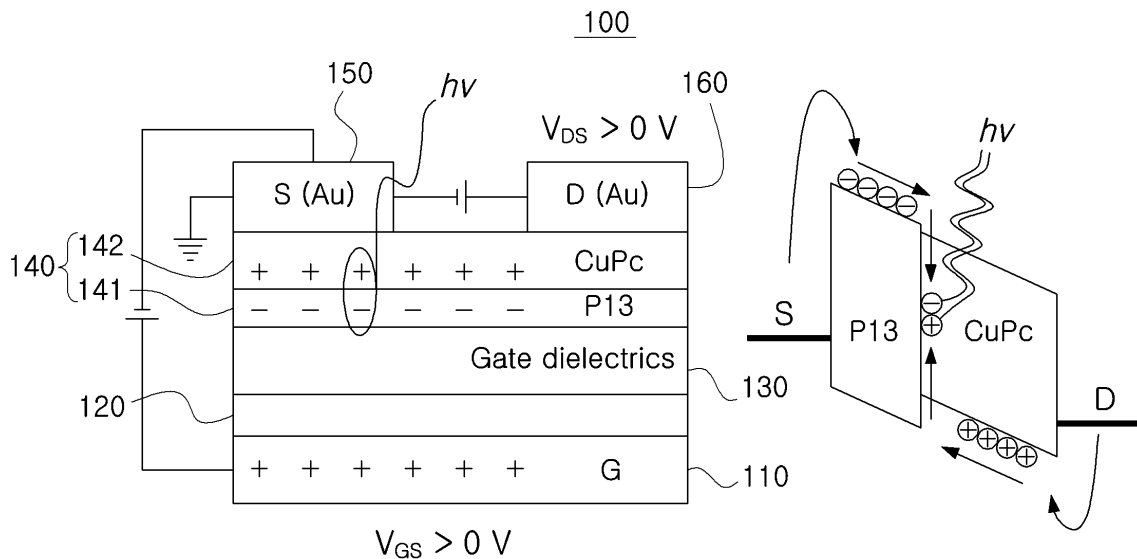
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 유기발광 트랜지스터 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 게이트 전극; 유기막; 및 소스 전극 및 드레인 전극을 포함하는 유기발광 트랜지스터에 관한 것으로, 상기 유기막은 전자 수송층은 N,N'-디트리테실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물을, 상기 홀 수송층은 구리 프탈로시아닌 화합물을 포함하는 것을 특징으로 함으로써, 공기 중에서도 전계이동도 및 정공과 전자의 이동도 균형이 우수할 뿐만 아니라, 안정성이 더욱 향상되었다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2013028021
부처명	교육과학기술부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	(이공) 중점연구소지원
연구과제명	[2단계1차년도] π - 전자 제어를 통한 신기능성 분자체연구
기 여 율	1/3
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2013.05.01 ~ 2014.04.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	G20N01740009901
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술진흥원
연구사업명	사업화연계기술개발사업 (R&BD)
연구과제명	[RCMS] ' 13년도 사업화연계기술개발 (R&BD) 사업 - 기관연계형
기 여 율	1/3
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2013.10.01 ~ 2014.09.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2014005719
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	(이공) 중견연구자지원사업
연구과제명	[1차년도] 방향족 과도화합물의 반응성과 응용성에 관한 연구
기 여 율	1/3
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2014.05.01 ~ 2015.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

기판의 하부에 형성된 게이트 전극;

상기 기판의 상부에 형성된 유기막; 및

상기 유기막의 상부에 형성된 소스전극 및 드레인 전극을 포함하고,

상기 유기막은 하부로부터 순차적으로 적층된 전자 수송층 및 홀 수송층을 포함하며,

상기 전자 수송층은 N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물을, 상기 홀 수송층은 구리 프탈로시아닌 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전자 수송층의 두께는 100 ~ 120 Å이고, 홀 수송층의 두께는 270 ~ 290 Å인 유기발광 트랜지스터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기판은 n형 실리콘기판 또는 플라스틱 기판인 유기발광 트랜지스터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기판과 유기막 사이에 절연층을 더 포함하는 유기발광 트랜지스터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 절연층은 이산화실리콘을 포함하는 제1 절연층과 PMMA를 포함하는 제2 절연층이 순서대로 적층되어 형성된 유기 발광 트랜지스터.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 절연층의 두께는 1000 내지 3000 Å인 유기 발광 트랜지스터.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2 절연층의 두께는 200 내지 400 Å인 유기 발광 트랜지스터.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 소스전극은 일단으로부터 빗살 형상으로 소정의 간격을 두고 연장되어 형성된 복수 개의 제1 가지를 포함하고,

상기 드레인 전극은 빗살 형상으로 소정의 간격을 두고, 상기 소스 전극의 일단을 향하여 연장되되, 상기 제1 가지와 엇갈리게 배치되는 제2 가지를 포함하는 유기발광 트랜지스터.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 소스 전극과 드레인 전극의 너비(d)는 14.25 μm 이고,

상기 소스 전극과 드레인 전극의 길이(t)는 100 ~ 200 μm 인 유기발광 트랜지스터.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제1 가지와 상기 제2 가지 간의 이격거리(L)는 150 μm 이고,

상기 제1 가지와 상기 제2 가지의 길이(h)는 3.85 μm 이며,

상기 소스 전극으로부터 연장된 제1 가지와 상기 드레인 전극 간의 거리(b)는 150 μm 이며,

상기 제1 가지와 상기 제2 가지의 너비(a)는 150 μm 인 유기발광 트랜지스터.

청구항 11

i) 기관의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계;

ii) 상기 게이트 전극이 형성된 기관의 상부에 PMMA를 포함하는 절연층을 형성하는 단계;

iii) 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기관을 삽입하는 단계;

iv) N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카복실릭 디이미드(N,N'-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기관 상에 전자 수송층을 증착하는 단계;

v) 구리 프탈로시아닌 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착하는 단계; 및

vi) 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 기관은 n형 실리콘기관; 또는 플라스틱 기관인 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 기관과 절연층 사이에 이산화실리콘(SiO_2)로 이루어진 유전층을 더 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 제1 도가니의 온도는 250 ~ 290 $^{\circ}\text{C}$ 이고, 제2 도가니의 온도는 280~300 $^{\circ}\text{C}$ 인 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 전자 수송층의 두께는 100~120 Å이고,

상기 홀 수송층의 두께는 270~290 Å인 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 전자 수송층의 증착속도는 1.0 ~ 2.0 Å/s 이고,

상기 홀 수송층의 증착두께는 0.1 ~ 0.3 Å/s인 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 iii) 단계에서 6 ~ 10 V의 전압을 인가하고 iv) 단계에서 10 ~ 12.5 V의 전압을 인가하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기발광 트랜지스터 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 반도체 전자 소자는 기존의 무기 반도체 기반의 소자와는 완전히 차별화 된 애플리케이션 개념을 제공할 수 있는 최첨단 IT 기술 분야 중 하나이다. 이러한, 유기 반도체는 무기 반도체와는 달리 저온/저가격으로 제조할 수 있고, 유연성 및 화학구조 변경의 용이성 등이 우수하여, 다양한 사업분야에 사용되고 있다. 특히 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode; OLED)의 경우, 고품위 디스플레이로써 휴대폰 메인창이나 각 중모바일 기기의 소형화면 및 TV 화면에도 채용되어 대중에게 많은 인기를 받아 왔다.

[0003] 일반적으로 평판 표시 패널이라 함은 가시광선을 내는 특성을 이용한 전면이 평판으로 된 장치로서, 두 전극 사이에 강한 전압을 걸면 전극 사이에 기체(Gas) 방전이 생기고, 이때 발생하는 자외선이 형광체에 부딪혀 빛을 내는 현상을 이용한 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 평면으로 형성된 캐소드(Cathode)에서 방출된 전자가 형광체에 부딪혀 발광하는 전계 발광 디스플레이(FED), 필라멘트(Filament)에 전압을 인가하여 열전자를 발생시키고, 그리드(Grid)에서 전자가 가속되어 애노드(Anode)에 도달하도록 하여, 이미 패턴(Patterning)된 형광체에 부딪혀 발광함으로써 정보를 표시하는 진공 형광 디스플레이(VFD), 형광 또는 인광 유기물 박막에 전류를 흘려주면 전자와 정공이 유기물층에서 결합하면서 빛이 발생하는 발광형인 유기 발광 표시 패널(OLED) 등이 있고, 액체와 고체의 중간상태인 액정의 전기적 성질을 표시장치에 응용한 디스플레이로서 액정이 셔터(Shutter)의 역할을 하여 전압의 스위칭에 따라 빛을 투과 또는 차단하는 원리를 이용하여 정보를 표시하는 액정 디스플레이(LCD)가 있다.

[0004] 한편, 유기 EL 소자를 구동시키기 위한 구동 방식으로서, 박막 트랜지스터(TFT : Thin Film Transistor)를 이용한 액티브 매트릭스 방식의 전계 효과형 트랜지스터(FET : Field Effect Transistor)가 동작 속도나 소비 전력의 면에서 효과가 있는 것으로 고려되고 있다. 한편, 박막 트랜지스터를 구성하는 반도체 재료에 대해서는, 실리콘 반도체나 화합물 반도체 등의 무기 반도체 재료에 대해 연구되고 있는 것 외에, 최근에는 유기 반도체 재료를 이용한 유기 박막 트랜지스터(OTFT)의 연구도 활발히 행해지고 있다. 유기 반도체 재료는 차세대 반도체 재료로서 기대되고 있지만, 무기 반도체 재료에 비해 전하 이동도가 낮고 저항이 높다는 문제점이 있다.

[0005] 한편, 전계 효과형 트랜지스터에 대해서는, 그 구조를 중형으로 한 중형 전계 효과형 트랜지스터 구조의 정전 유도형 트랜지스터(SIT : Static Induction Transistor)에서, 트랜지스터의 채널폭을 짧게 할 수 있는 것, 표면의 전극 전체를 유효하게 이용할 수 있기 때문에, 고속 응답이나 대전력화가 가능하게 되는 것, 계면 영향을 받기 어렵게 되는 것 등의 이점이 인정되고 있다. 그래서, 최근, 정전유도형 트랜지스터(SIT)의 상기 이점을 활용하여, 그와 같은 정전유도형 트랜지스터 구조와 유기 EL 소자 구조를 복합시킨 유기 발광 트랜지스터가 개발되고 있다.

[0006] 구체적으로, 유기 발광 트랜지스터(Organic Light-Emitting Field-effect Transistors, OLEFET)란 OLED와 OTFT

의 기능을 동시에 갖춘 소자로서 2003년 테트라센(tetracene) 기반의 TFT에서 구동시 발광현상이 보고된 이래로, 스위칭과 발광의 다중기능을 갖춘 매력으로 인해 현재까지도 OLEFET에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. OLEFET는 일반적으로 OTFT의 횡적인 전도 채널 구조를 채용하고, OLED와 동일한 전자와 정공의 재결합에 의한 발광 메커니즘을 기반으로 함으로써, 유기 전자재료 및 소자의 기초적 연구와 기술적 어플리케이션 개발에서 모두 유용하다. OLEFET는 발광 현상이 횡적인 채널구조에서 발현되므로 직관적으로 유기 반도체에서 전하 캐리어 주입이나 전달 및 전계발광과 같은 물리적 프로세스를 연구하는데 있어 매우 우수한 평가 시스템을 제공할 수 있다. 또한 OLEFET는 발광현상을 제어할 수 있는 고집적화된 소자이므로 능동형 매트릭스 충전연색 전계발광 디스플레이 개발이나 가변형 유기 레이저 소자의 개발에도 접목될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2010-0127072호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 전자 수송층과 홀 수송층을 포함하는 유기막이 기관 상에 형성되어, 공기 중에서도 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 정공과 전자의 이동도 균형이 향상된 유기발광 트랜지스터를 제공하고자 하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명의 다른 목적은 대량 생산할 수 있는 상기 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 상기 목적을 이루기 위하여, 기관의 하부에 형성된 게이트 전극;

[0011] 상기 기관의 상부에 형성된 유기막; 및

[0012] 상기 유기막의 상부에 형성된 소스전극 및 드레인 전극을 포함하고,

[0013] 상기 유기막은 하부로부터 순차적으로 적층된 전자 수송층 및 홀 수송층을 포함하며,

[0014] 상기 전자 수송층은 N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물을, 상기 홀 수송층은 구리 프탈로시아닌 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터를 제공한다.

[0015] 또한, 상기 전자 수송층의 두께는 100 ~ 120 Å이고, 홀 수송층의 두께는 270 ~ 290 Å인 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 기관은 n형 실리콘기관 또는 플라스틱 기관인 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기 기관과 유기막 사이에 절연층을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 절연층은 이산화실리콘을 포함하는 제1 절연층과 PMMA를 포함하는 제2 절연층이 순서대로 적층되어 형성된 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 제1 절연층의 두께는 1000 내지 3000 Å이고, 상기 제2 절연층의 두께는 200 내지 400 Å인 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 소스전극은 일단으로부터 빗살 형상으로 소정의 간격을 두고 연장되어 형성된 복수 개의 제1 가지를 포함하고,

[0021] 상기 드레인 전극은 빗살 형상으로 소정의 간격을 두고, 상기 소스 전극의 일단을 향하여 연장되되, 상기 제1 가지와 엇갈리게 배치되는 제2 가지를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 소스 전극과 드레인 전극의 너비(d)는 14.25 mm이고, 상기 소스 전극과 드레인 전극의 길이(t)는 100 ~ 200 μm인 것을 특징으로 한다.

- [0023] 상기 제1 가지와 상기 제2 가지 간의 이격거리(L)는 150 μm 이고, 상기 제1 가지와 상기 제2 가지의 길이(h)는 3.85 mm이며, 상기 소스 전극으로부터 연장된 제1 가지와 상기 드레인 전극 간의 거리(b)는 150 μm 이며, 상기 제1 가지와 상기 제2 가지의 너비(a)는 150 μm 인 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한, 본 발명은 상기 다른 목적을 이루기 위하여, i) 기관의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계;
- [0025] ii) 상기 게이트 전극이 형성된 기관의 상부에 PMMA를 포함하는 절연층을 형성하는 단계;
- [0026] iii) 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기관을 삽입하는 단계;
- [0027] iv) N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드(N,N'-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기관 상에 전자 수송층을 증착하는 단계;
- [0028] v) 구리 프탈로시아닌 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착하는 단계; 및
- [0029] vi) 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공한다.
- [0030] 상기 기관은 n형 실리콘기관; 또는 플라스틱 기관인 것을 특징으로 한다.
- [0031] 상기 기관과 절연층 사이에 이산화실리콘(SiO₂)로 이루어진 유전층을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 상기 제1 도가니의 온도는 250 ~ 290℃이고, 제2 도가니의 온도는 280~300℃인 것을 특징으로 한다.
- [0033] 상기 전자 수송층의 두께는 100~120 Å이고, 상기 홀 수송층의 두께는 270~290 Å인 것을 특징으로 한다.
- [0034] 상기 전자 수송층의 증착속도는 1.0 ~ 2.0 Å/s 이고, 상기 홀 수송층의 증착두께는 0.1 ~ 0.3 Å/s인 것을 특징으로 한다.
- [0035] 상기 iii) 단계에서 6 ~ 10 V의 전압을 인가하고 iv) 단계에서 10 ~ 12.5 V의 전압을 인가하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0036] 본 발명의 유기발광 트랜지스터는 N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물과 구리 프탈로시아닌 화합물을 전자 수송층과 홀 수송층으로 포함함으로써, 공기 중에서도 전계이동도 및 정공과 전자의 이동도 균형이 우수할 뿐만 아니라, 안정성이 더욱 향상되었다.
- [0037] 향후, 상기 유기발광 트랜지스터는 보다 쉽게 구동회로를 개발할 수 있는 모티브를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기발광 트랜지스터의 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기발광 트랜지스터의 소스 전극과 드레인 전극을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 증기화 장치를 도시한 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 SiO₂/PMMA 절연층을 포함하는 유기발광 트랜지스터의 출력(output) 특성을 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 PMMA 절연층을 포함하는 P13/CuPc 유기발광 트랜지스터의 이동(transfer) 특성을 나타내는 그래프이다. 상기 그래프는 빛이 나오는 구간과 광(光)루미네선스를 함께 도시한 것이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 유기발광 트랜지스터의 빛이 나오는 반응 메커니즘을 나타낸 그림이다.

도 7a 및 도 7b는 본 발명의 비교예에 따른 유기발광 트랜지스터의 게이트 특성을 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 비교예로부터 제조된 유기발광 트랜지스터에서, 전자 수송층의 두께 변화에 따라 나타나는 출력(output) 특성을 측정한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 비교예로부터 제조된 유기발광 트랜지스터에서, 전자 수송층의 두께 변화에 따라 이동(transfer) 특성을 측정한 그래프이다. 상기 그래프는 빛이 나오는 구간과 광(光)루미네선스를 함께 도시한 것이다.

도 10은 소스 전극과 드레인 전극이 형성하기 위해서 사용된 마스크를 촬영한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0040] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0041] 도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기발광 트랜지스터의 단면도이다.
- [0042] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 유기발광 트랜지스터는 기판(120)의 하부에 형성된 게이트 전극(110); 상기 기판(120)의 상부에 형성된 유기막(140); 및 상기 유기막(140)의 상부에 형성된 소스 전극(150) 및 드레인 전극(160)을 포함하고, 상기 유기막(140)은 하부로부터 순차적으로 적층된 전자 수송층(141) 및 홀 수송층(142)을 포함하며, 상기 전자 수송층(141)은 N,N'-디트리테실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물을, 상기 홀 수송층(142)은 구리 프탈로시아닌 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터(100)에 관한 것이다.
- [0043] 본 발명에 따른 유기발광 트랜지스터(100)는 차세대 능동형 유기발광 디스플레이 산업에 중요한 역할로 사용되는 유기 전자 소자로서, 게이트 전극(110), 기판(120), 유기막(140), 소스 및 드레인 전극(150, 160)을 포함한다.
- [0044] 상기 기판(120)과 유기막(140) 사이에 절연층(130)을 더 포함할 수 있는데, 이는 상기 유기막(140)에 전계가 걸리도록, 전류를 차단하는 절연체로 이루어진 레이어(layer)이다. 구체적으로, 절연층(130)은 기판(120)의 일면에 형성되어, 게이트 전압이 걸리더라도, 전류를 차단한다.
- [0045] 여기서, 기판(120)이 n형 실리콘 기판일 수 있다. 이때, 기판(120)이 입력전극으로 이용되어 게이트 전압이 인가된다. 다만, 기판(120)이 반드시 n형 실리콘 기판에 한정되는 것은 아니고, 플라스틱 기판일 수도 있다. 이러한 플라스틱 기판은 폴리에테르술폰(polyethersulphone, PES), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르이미드(polyetherimide, PEI), 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylenenapthalate, PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide, PPS), 폴리아릴레이트(polyarylate, PAR), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC), 셀룰로오스 트리아세테이트(TAC) 및 셀룰로오스아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propionate, CAP)로 형성될 수 있다. 한편, 본 발명에 따른 유기발광 트랜지스터는 기판(120)이 플라스틱 기판인 경우에는 게이트 전압을 인가하기 위해서, 기판(120)의 타면에 배치되는 게이트 전극(110)을 더 포함할 수 있다.
- [0046] 한편, 상기 절연층(130)은 유기발광 트랜지스터가 저전압에서 구동되며 높은 절연능력을 가지기 위해, 상기 기판(120)과 유기막(140) 사이에 구비되고, 이산화실리콘을 포함하는 제1 절연층(131) 및 PMMA를 포함하는 제2 절연층(132)이 순서대로 적층되어 형성된다.
- [0047] 이때, 바람직하게는 상기 제1 절연층(131)의 두께가 1000 내지 3000 Å을 가지며, 상기 제2 절연층(132)의 두께가 200 내지 400 Å인 것이 가장 우수한 물성을 달성할 수 있다. 만일 제2 절연층(132)의 경우, 두께가 200 Å 미만이면 절연층(130) 내부에 전계효과를 방해하는 핀홀이 생겨 트랜지스터의 성능이 제대로 작동하지 않는 문

제가 발생할 수 있고, 400 Å를 초과하면 더 높은 전압을 게이트에 인가해야하는 문제가 발생할 수 있다.

- [0048] 상기 전자 수송층(131)은 n-채널 트랜지스터인 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드 화합물을 포함하는데, 상기 화합물은 p형 물질인 펜타센, 테트라센, 티오펜 올리고머 등 통상의 홀 수송층의 형성에 사용되던 화합물과 비교하여 n형 트랜지스터의 전계이동도가 우수할 뿐 아니라, HOMO와 LUMO의 에너지 차이가 다른 p형 물질과 잘 매치되어 발광이 나타날 수 있는 메카니즘에 적합한 물질이다. 나아가, 일반적으로 n형 물질에 사용되어지는 Alq3, TCNQ 등을 사용하는 것에 비하여 현저히 향상된 전계이동도를 나타낸다.
- [0049] 상기 전자 수송층(131)의 상부에 p-채널 트랜지스터에는 구리 프탈로시아닌{Copper(II) phthalocyanine} 화합물을 포함하는 홀 수송층(132)이 형성되는데, 상기 화합물을 사용하는 경우, 펜타센, 테트라센, MEH-PPV, BP3T, 루브렌 등에 비하여 상술한 본 발명의 전자 수송층에 사용된 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드 화합물과의 적합성이 우수하며 트랜지스터의 전계이동도가 현저히 향상된다. 또한, 상기과 같은 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드 화합물과 구리 프탈로시아닌 화합물이 전자 수송층(131)과 홀 수송층(132)으로 구비됨으로써, 장기 수명화가 도모됨과 함께, 고온에서도 신뢰성이 향상된다.
- [0050] 또한, 상기 전자 수송층(131)의 두께는 100 ~ 120 Å이고, 홀 수송층(132)의 두께는 270~290 Å일 수 있다. 구체적으로 상기 홀 수송층(132)으로 구리 프탈로시아닌을 사용할 경우, 동작 안정성은 상승하나, 높은 동작전압을 갖는 문제가 발생할 수 있고, 또한, 정공과 전자의 흐르는 속도에 균형이 무너져 빛의 발광과 이중극자성이 약해진다. 허나, 상기 전자 수송층(131)과 홀 수송층(132)의 균형을 잘 맞춘다면, 홀 수송층으로 구리 프탈로시아닌을 삽입함에도 불과하고, 빛의 발광 및 이중극자성이 강해지고, 동작 안정성이 우수할뿐 아니라, 낮은 동작전압, 동작 안정성, 수명, 내열성, 수율과 같은 특성을 향상된다.
- [0051] 따라서, 상기 전자 수송층(131) 및 홀 수송층(132)의 두께가 상기 범위 미만이거나, 상기 범위를 조금이라도 초과하게 되면 상기 전자 수송층(131)과 홀 수송층(132) 간에 정공과 전자의 흐르는 속도가 어긋나 전자 수송층(131)로 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드 화합물을 사용하고, 홀 수송층(132)으로 구리 프탈로시아닌 화합물을 사용함에 의해 도달할 수 있는 빛의 발광 유무 및 내열성 등을 달성할 수 없다는 문제가 발생한다. 이를 실험예에서 확인하였다.
- [0052] 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기발광 트랜지스터(100)의 소스 전극(150)과 드레인 전극(160)을 나타내는 도면으로, 이에 따르면, 상기 소스 전극(150)은 일단으로부터 빗살 형상으로 소정의 간격을 두고 연장되어 형성된 복수 개의 제1 가지(151)를 포함하고, 상기 드레인 전극(160)은 빗살 형상으로 소정의 간격을 두고, 상기 소스 전극의 일단을 향하여 연장되되, 상기 제1 가지와 엇갈리게 배치되는 제2 가지(161)를 포함할 수 있다.
- [0053] 상기 소스 전극(150)과 드레인 전극(160)은 모두 금(Au) 재질일 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 소스 전극(150) 및 드레인 전극(160)의 너비(d)는 14.25mm이고, 상기 소스 전극과 드레인 전극의 길이(t)는 100 ~ 200 mm일 수 있다.
- [0055] 상기 제1 가지와 상기 제2 가지 간의 이격거리(L)는 150 μm이고, 상기 제1 가지와 상기 제2 가지의 길이(h)는 3.85 mm이며, 상기 소스 전극으로부터 연장된 제1 가지와 상기 드레인 전극 간의 거리(b)는 150 μm이며, 상기 제1 가지와 상기 제2 가지의 너비(a)는 150 μm인 것을 특징으로 한다. 이러한 지그재그 구조를 갖는 소스-드레인 전극을 통한 효과적인 전하 주입과 전하 전달이 발생하므로, 전기적 특성이 향상될뿐더러, 높은 투명도를 갖는다는 특징이 있다.
- [0056] 한편 본 발명의 트랜지스터의 발광원리는 게이트 전극에 0 ~ 60 V를 인가하고 드레인 전극에 60 V를 인가하면 게이트에 +전하가 생성되고 이에 따른 구리 프탈로시아닌 층에 홀이 적층된다. 이 적층되는 홀에 의해 N,N'-디트리테실페틸렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드에 있던 전자가 유도되어 홀과 전자가 재결합하여 빛을 발생하게 된다. 구리 프탈로시아닌 {Copper(II) phthalocyanine}의 에너지차이는 1.7 eV이고 N,N'-디트리테실페틸렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드는 2.0 eV이므로 구리 프탈로시아닌계면에서 형성된 엑시톤은 N,N'-디트리테실페틸렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 층에 흡수되지 않고 전극 밖으로 나와 빛을 발생하게 된다.
- [0057] 결국, 상기과 같은 구조를 갖는 본 발명의 유기발광 트랜지스터는 특정한 화합물을 사용하여 전자 수송층 및 홀

수송층을 형성하므로, 통상의 화합물을 사용한 경우에 비하여 공기 중에서 전계이동도가 우수하고, 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어나며, 특히, 전자 수송층에 사용된 N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물은 공기 중에 노출되면 쉽게 특성이 저하되는데 이를 차단하기 위해 N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드를 아래층에 형성하고 PMMA 절연층을 사용하여 소자의 안정성을 높여, 향후 구동회로 개발에 용이할 것으로 예상된다.

[0058] 또한, 본 발명의 다른 측면은,

[0059] i) 기관의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계;

[0060] ii) 상기 게이트 전극이 형성된 기관의 상부에 PMMA를 포함하는 절연층을 형성하는 단계;

[0061] iii) 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기관을 삽입하는 단계;

[0062] iv) N,N'-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드(N,N'-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기관 상에 전자 수송층을 증착하는 단계;

[0063] v) 구리 프탈로시아닌 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착하는 단계; 및

[0064] vi) 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공한다

[0065] 먼저, 본 발명에서 사용되는 진공증착장비를 도 3을 참조하여 설명하면, 진공챔버의 내상측에 기관홀더(230)가 피증착물인 기관(미도시)를 고정하고, 내하측에는 지지대(201)의 상부에 가열수단으로서 전열선이 구비된 2개의 도가니(202, 203)를 배치하며 상기 도가니(202, 203)의 상부에는 노즐을 구비한 덮개가 형성되어서 상기 도가니(202, 203)는 상부의 노즐을 제외하고는 밀폐된 형상을 가지게 되고, 그 내부에는 증착되는 유기물을 각각 위치시킨다. 또한, 증착이 완료된 증착 유기물 박막의 두께를 측정하기 위하여 설치된 두께 모니터(200)는 증착 유기물의 증착 속도와 두께를 각각 Å/s와 kÅ 단위로 나타내며 상기 박막의 두께를 모니터링하고 적절한 두께를 조절할 수 있도록 한다. 또한, 셔터(210)를 상기 기관과 도가니(202, 203)의 중간에 위치시켜서 외부에서 열고 닫을 수 있도록 구비되어 있으며 처음에는 닫힌 상태로서, 정제되지 않은 불순물이 증착되는 것을 방지하고 일정한 증착 속도에 도달했을 때 외부에서 회전시켜서 열 수 있도록 마련된다.

[0066] 다음, 상술한 본 발명의 유기발광 트랜지스터(Organic Light Emitting Filed Effect Transistor)의 제조방법을 보다 상세히 설명하면, i) 단계로서 기관의 하부에 게이트 전극(또는 입력 전극)을 형성하는 단계로서 당업계에서 통상 사용하는 방법인 이상 특별하게 한정되지 않는다. 이 때 사용가능한 기관은 n형 실리콘기관, 또는 폴리에테르술폰(PES, polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(PAR, polyacrylate), 폴리에테르 이미드(PEI, polyetherimide), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN, polyethylenen naphthalate), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET, polyethyleneterephthalate), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide: PPS), 폴리알릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(PC), 셀룰로오스 트리 아세테이트(TAC) 및 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propionate: CAP)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 플라스틱 기관일 수 있다. 상기 i) 단계 이후, 바람직하게는 상기 실리콘 기관의 표면은 열산화법에 의하여 형성된 이산화실리콘(SiO₂)으로 이루어진 제1 절연층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 제1 절연층의 두께는 바람직하게는 1000 ~ 3000Å 일 수 있다.

[0067] 상기 제1 절연층은 기관 상에 이산화실리콘을 포함하는 용액을 스핀코팅법에 의하여 증착할 수 있다.

[0068] 다음, ii) 단계로서, 상기 기관의 상부에 PMMA를 포함하는 절연층을 형성한다. 구체적으로, PMMA 용액을 용액 공정법을 이용하여 제1 절연층 또는 기관 상에 증착시키는데, 상기 PMMA 용액을 만들기 위해 PMMA 고분자 물질을 톨루엔(Toluene) 용액에 혼합하여 제조할 수 있다. 이때, 상기 PMMA 고분자 물질 대비 톨루엔 용액의 혼합 부피비는 1 : 90-100 일 수 있다. 이후, 상기 PMMA 용액을 6000 rpm에서 60 초 동안 스핀 코팅(spin coating)

g)하여 상기 기관 상에 증착하고, 다음, 진공오븐(Vacuum oven)에서 100 ~ 140 ℃까지 가열시켜 2 시간 동안 유지시킨 후 실온으로 식혀 제조된다. 상기 제2 절연층의 두께는 바람직하게는 200 ~ 400Å일 수 있다.

[0069] 다음, iii) 단계로서 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기관을 삽입한다. 구체적으로 상기 도가니의 재질은 후술하는 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드(N,N'-dioctyl-3,4,9,10- perylenedicarboximide) 화합물 및 구리 프탈로시아닌 {Copper(II) phthalocyanine} 화합물을 가열하는 경우 상기 화합물들이 흡착되거나 반응하지 않는 재질이면 특별하게 제한할 것은 아니나, 고온으로 가열이 가능하고 고온에서도 열 변형이 적은 흑연(graphite)이 바람직하다. 아울러, 상기 도가니의 형태는 밀폐되어 그 상부에 노즐을 가진 덮개가 구비될 수 있는 한 특별하게 제한할 것은 아니나 바람직하게는 박막의 형성이 용이한 스프인코팅이 유리하다. 한편, 상기 노즐은 상기 화합물들이 승화되어 기관을 향해 배출되는 통로로서 그 직경은 바람직하게는 0.5 ~ 1.5 mm일 수 있다. 만일 도가니에 구비된 노즐의 직경이 0.5 mm 미만인 경우에는 후술하는 클러스터화된 증기 입자가 노즐을 통과하기 어려우므로 바람직하지 못하고, 1.5 mm를 초과하는 경우에는 클러스터 분자가 너무 커져서 이동할 때의 고른 박층이 형성되기 어렵기 때문에 바람직하지 못하다. 따라서 직경이 0.5 내지 1.5 mm인 노즐을 통과하면서 발생된 운동에너지는 고른 박막을 형성하기 위하여 이동(migration)에 필요한 에너지를 공급할 수 있는 것이다. 그러므로 상기 이동 에너지에 의하여 증착 단계에서 가온하지 않고 실온에서 증착시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0070] 다음, iv) 단계로서 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드(N,N'-dioctyl-3,4,9,10- perylenedicarboximide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기관 상에 전자 수송층을 증착시킨다.

[0071] 본 발명에서는 유기발광 트랜지스터에 증착되는 전자 수송층의 주성분으로서 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드 화합물을 사용한다. 상기 화합물은 p형 물질인 펜타센, 테트라센, 티오펜 올리고머 등 통상의 정공 수송층의 형성에 사용되던 화합물과 비교하여 n형 트랜지스터의 전계이동도가 우수하다. 일반적으로 n형 물질에 사용되어지는 Alq3, TCNQ 등을 사용하는 것에 비하여 현저히 향상된 전계이동도를 나타낸다. 특히, PMMA 절연층을 사용을 하여서 이산화규소 표면에 수분이 침투하는 것을 막아서 n-type의 전계이동도가 우수해질 뿐만 아니라 공기중에서 안정한 소자를 만들 수 있다.

[0072] 이를 위하여 바람직하게는 4.5 ~ 9.5 V의 전압을 인가할 수 있다. 만일 4.5 V 미만의 전압을 인가하는 경우에는 유기물이 승화되지 않아 증착이 원활하게 이루어지지 않는 문제가 발생할 수 있고, 11.5 V를 초과하면 증착속도를 제어하지 못하는 문제가 발생할 수 있다.

[0073] 한편 진공상태에서 상기 N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌디카르복시미드 화합물을 가열하면 상변화에 의하여 기체로 승화하게 되고 승화된 화합물 입자들은 제1 도가니 내부를 유동하게 된다. 유동하는 상기 입자들은 도가니의 상부에 형성된 노즐을 통과하게 되는데, 상기 노즐의 작은 구멍(hole)을 통과하기 때문에 상부로 향하는 운동을 하는 즉, 한 방향의 운동에너지를 가진 상태의 입자들만이 노즐을 통과할 수 있게 된다. 따라서, 상기 도가니의 내부에서 증기화된 입자들은 도가니 내부에서 유동하며 서로 부딪치며 약한 분자간 인력으로 클러스터(cluster)를 형성하게 되고, 상부로 향하는 방향성을 가진 상기 클러스터들만이 균일하고 일정한 운동에너지를 가지고, 빔(beam)의 형태로 노즐을 통과하여 진공챔버의 내상측을 향하여 진행하게 된다. 이렇게 상부로 향하는 방향성을 가지고 동시에 균일하고 일정한 운동에너지를 가진 클러스터는 진공챔버의 내상측에 배치된 기관의 하부에 충돌을 하게 되고, 충돌에 의하여 상기 클러스터의 약한 분자간 인력이 깨지게 되며 동시에 잔여의 운동에너지에 의하여 충돌된 주변의 빈 자리를 찾아 증착되어서 결국 형성되는 박막의 두께가 균일하게 되어, 결정성이 우수해진다.

[0074] 이에 반하여 종래의 물리기상증착(PVD)법 또는 OMBD법에 의하면, 증착하고자 하는 상기 유기분자들이 특정한 방향성을 가지고 진공챔버내에서 운동하는 것이 아니라 점시모양 또는 그릇모양의 보트(boat)가 가열됨에 따라서 진공상태인 주변환경으로 직접 증발되는 현상이 발생된다. 이는 본 발명에 의한 클러스터빔 증착에서의 클러스터와는 다른 것으로 약한 인력으로 유기분자들이 뭉쳐져서 클러스터를 형성할 수 없게 된다. 즉, 진공상태인 주변으로 다양한 각도의 방향성을 가지고 또한 넓은 분포 크기의 운동에너지를 가진 유기분자들이 승화되는 것이다. 따라서, 넓은 범위의 운동에너지를 가진 입자들이 여러 방향으로부터 많거나 또는 적게 증착되어 기관의 하부에는 그 표면이 거친 섬(island)의 형태를 가지게 된다. 따라서, 증착되는 유기분자들로 이루어진 표면은 거칠어지게 되어 결정도(crystalline)가 떨어져서 전계이동도(mobility)가 저감된다.

[0075] 한편, 상기 제1 도가니의 온도는 바람직하게는 250 ~ 290 ℃일 수 있다. 만일 제1 도가니 내부온도가 250 ℃ 미

만인 경우에는 상기 화합물이 증기화되기 어려울 뿐만 아니라, 평평한 기판에서 열중합이 일어나기 위해 필요한 충분한 에너지를 공급할 수 없기 때문에는 유기박막이 형성되기 어렵고, 290℃를 초과하는 경우에는 박막을 형성한 물질의 화학적 조성이 변성된 형태일 수 있고 표면의 거칠기도 열악해지기 때문에 바람직하지 않다.

[0076] 이후 상기 유전체층의 상부에 상기 클러스터가 증착되어 전자 수송층이 형성된다. 구체적으로 상기 승화되어 도가니의 노즐을 통과한 클러스터는 진공챔버의 내상측으로 진행하며 기판의 하부에 충돌하게 된다. 충돌된 클러스터는 약한 분자간 결합력이 깨지며 원래 승화된 유기 입자로 되며 주변의 빈 자리로 이동하여 기판과 결합하게 된다. 또한, 클러스터를 증착하기 전에 기판의 표면에 계면활성제를 적층할 수 있다. 또한, 상기 화합물을 이용하는 경우에는 그 두께가 100~120 Å일 수 있다. 또한, 상기 클러스터의 증착속도는 1.0 내지 2.0 Å/S인 것이 바람직한데, 증착속도가 1.0 Å미만인 때에는 박막의 증착속도가 너무 느리기 때문에 유기박막이 제대로 형성되기 어렵고 2.0 Å을 초과하는 경우에는 제조된 유기박막의 거칠기가 열악해질 수 있다.

[0077] 한편, 클러스터 빔 증착시에 상기 기판을 가열하지 않는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 증기화된 클러스터는 20 내지 30 °C의 실온에서 증착되어 유기막을 형성할 수 있다. 만일, 기판을 가열하면 가열시 필요한 생산 원가가 증가할 뿐만 아니라 대형화에 따라서 기판 전체의 온도균일성을 공정조건으로 수립하기 까다로운 단점이 있다.

[0078] 다음, v) 단계로서 구리 프탈로시아닌 {Copper(II) phthalocyanine} 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 형성하기 위해 구리 프탈로시아닌을 증착한다. 이때, 사용되는 제2 도가니의 재질, 노즐의 두께 등의 조건은 모두 상기 iv) 단계와 동일하므로 이하에서는 iv) 단계와 상이한 부분을 중심으로 서술하기로 한다.

[0079] 한편, 상기 제2 도가니의 온도는 바람직하게는 280 ~ 300 °C일 수 있다. 만일 제 2 도가니 내부온도가 280 °C 미만인 경우에는 상기 화합물이 증기화되기 어려울 뿐만 아니라, 평평한 기판에서 열중합이 일어나기 위해 필요한 충분한 에너지를 공급할 수 없기 때문에는 홀 수송층이 형성되기 어렵고, 300 °C를 초과하는 경우에는 박막을 형성한 물질의 화학적 조성이 변성된 형태일 수 있고 표면의 거칠기도 열악해지기 때문에 바람직하지 않다.

[0080] 또한, 상기 화합물을 이용하는 경우에는 홀 수송층의 두께가 270~290Å일 수 있다. 270 Å 미만이거나, 290 Å를 초과할 시, 전기적 특성을 저하시킬 수 있다. 또한, 상기 클러스터의 증착속도는 0.1 내지 0.3 Å/S인 것이 바람직한데, 증착속도가 0.1 Å미만인 때에는 박막의 증착속도가 너무 느리기 때문에 유기박막이 제대로 형성되기 어렵고 0.3 Å을 초과하는 경우에는 제조된 정공 수송층의 거칠기가 열악해질 수 있다. 또한 상기 iv) 단계에서는 화합물을 증기화시키기 위하여 10.0 ~ 12.5 V의 전압을 인가할 수 있다.

[0081] 한편, 상기 iv) 단계와 v) 단계는 순차적으로 수행될 수 있다. 본 발명에서는 전자 수송층 형성을 한 후에 홀 수송층을 형성하였다. 이는 전자 수송층으로 사용한 페렌렌 물질은 공기중에 노출되면 쉽게 특성이 저하되기 때문에 소자의 안정성을 위해 의도적으로 먼저 형성시킴으로써 공기와의 노출을 차단시킨 것이다.

[0082] 다음, vi) 단계로서 상기 정공 수송층의 상부에 소스 전극, 드레인 전극을 형성한다. 형성되는 두 가지의 전극은 통상의 방법을 통해 형성될 수 있으며, 바람직하게는 상기 iv) 단계에서 생성된 p-형 트랜지스터에 대한 소스 전극과 드레인 전극의 채널너비는 17~19 mm, 채널길이는 100~200 μm일 수 있다.

[0083] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하나 본 발명이 이에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0084] <실시예 1>

[0085] 1-(1) 게이트 전극 형성

[0086] 먼저 세정된 n형 실리콘기판의 하부에 알루미늄(Al)을 이용하여 두께 2000 Å으로 게이트 전극을 형성하였다.

[0087] 1-(2) 절연층의 형성

[0088] 게이트 전극이 형성된 기판의 상부에 열산화방법을 이용하여 이산화실리콘(SiO₂)를 두께 2000 Å으로 증착하였다. 그 후 실리콘 기판의 상부에 용액공정(spin coating)방법을 이용하여 PMMA 절연층을 두께 200~400

Å으로 증착하였다. PMMA 고분자 물질을 톨루엔(Toluene) 용액에 부피비율로 1%를 제조 후 6000 rpm에서 60 초 동안 스핀 코팅 (spin coating)하며, 이 단계가 끝나면 진공오븐(Vacuum oven)에서 120 °C까지 가열시켜 2 시간 동안 유지시킨 후 실온으로 식힌다.

[0089] 1-(3) 전자 수송층 증착

[0090] 배플(baffle)이 달린 10 인치 디퓨전펌프(diffusion pump)를 이용하여 진공챔버내의 진공도를 평균 1×10^{-5} Torr로 유지하며, 상부에 직경 1 mm의 노즐이 형성된 덮개를 구비한 흑연(graphite)소재의 제1 도가니를 진공챔버의 내하측에 위치시키고 n형 실리콘기판의 이산화실리콘이 적층된 면을 아래로 하여 상기 진공챔버의 내상측에 배치하였다. 이때, 상기 n형 실리콘기판과 제1 도가니와의 이격된 거리는 190 mm이었다. 다음으로, 상기 제1 도가니의 내부에 N,N'-디트리데실페틸렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드를 투입하고 가열온도 250 ~ 290 °C, 증착속도는 1.0 ~ 2.0 Å/sec의 조건으로 100 ~ 120 Å 두께의 전자 수송층을 증착하였다. 여기서 기판온도의 온도는 20 °C를 유지하였다.

[0091] 1-(4) 홀 수송층 증착

[0092] 제2 도가니의 내부에 구리 프탈로시아닌을 투입하고 6~12.5V의 전압을 인가하여 가열온도 300 °C, 증착속도는 0.1~0.3 Å/sec의 조건으로 270~290 Å 두께의 전자 수송층을 증착하였다.

[0093] 1-(5) 소스 및 드레인 전극 형성

[0094] 다음으로, 금(Au)을 전극소재로 Au 재질이며 박막두께 500 Å로 하고, 상기 소스 및 드레인 전극의 너비(d)는 12 ~ 19 mm이며, 소스 전극 및 드레인 전극의 길이(t)는 100~200 μm인 새도우 마스크를 이용하여 진공증착법으로 소스 전극 및 드레인 전극을 동시에 형성하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0095] <실시예 2>

[0096] 1-(3)단계와 1-(4)단계를 동시에 수행한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 모두 동일하게 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0097] <비교예>

[0098] 전자 수송층의 두께가 150 Å이고, 홀 수송층의 두께가 280 Å인 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 모두 동일하게 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0099] <실험예>

[0100] 상기 실시예 1에서 제조된 양극성 유기발광 트랜지스터를 공기 중에서 전기적 특성을 측정하여 도 4 , 도 5, 도 6, 도 7a 및 도 7b와 표 1에 나타내었다.

표 1

Classification (thickness)	$\mu_{eff}^{e, avg} \pm \sigma$ (cm^2/Vs)	V_T^e (V)	$\mu_{eff}^{h, avg} \pm \sigma$ (cm^2/Vs)	V_T^h (V)	V_{DS} (V)
CuPc (500 Å)	-	-	1.1×10^{-2} $\pm 2.4 \times 10^{-3}$	- 5.5 ± 2.9	- 60
P13 (500 Å)	1.02×10^{-1} $\pm 3.8 \times 10^{-2}$	16.0 ± 5.4	-	-	+ 60
P13/CuPc (110 Å/280 Å)	3.13×10^{-2} $\pm 0.18 \times 10^{-2}$	25.3 ± 4.6	5.56×10^{-3} $\pm 0.19 \times 10^{-3}$	- 10.2 ± 8.9	± 60

[0102] 도 4는 전형적인 양극성 유기발광 트랜지스터의 드레인 스위프(drain sweep) 곡선을 나타내는 것으로서 게이트의 전압에 따라서 정공과 전자가 어떻게 이동하는지를 나타내는 그래프이다. 예를 들어 V_{DS} 에 음의 전압을 인가하였을 경우 게이트의 전압이 0 V일 때는 전자가 우선적으로 주입이 되는 것을 볼 수 있고 게이트의 음의 전압이 커질 수록 정공의 역할이 나타나는 것을 볼 수 있다.

[0103] 도 5, 도 6에서의 게이트 스위프(gate sweep) 곡선, 즉, 전계이동도(μFET , cm^2/Vs), 전류점멸비(ION/OFF), 문턱전압(V_T , V)의 값은 하기 <수학식 1>에 의해서 유도할 수 있다. 그래프에서 보면 정공과 전자의 흐르는 속도가 균형이 잘 맞춰져 있는 것을 알 수 있다. 또한 빛이 나오는 영역은 양의 전압이 커짐에 따라서 빛의 세기도 커져가는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명에서는 특정한 홀, 전자 수송층의 두께에 따라서 빛의 발광의 유무 그리고 이중극자성의 특성을 비교한 그래프를 첨가하였다. 그래프에서 비교예로 전자 수송층의 두께가 150 Å인 유기발광 트랜지스터를 사용하였다. 상기와 같은 이유로 인해, 홀 수송층보다 전자 수송층의 영향이 크다는 것을 구체적으로 도 7a, b에 나타내었다.

[0104] 상술한 바와 같이, 정공과 전자의 흐르는 속도가 균형이 잘 맞아야 빛의 세기 또한 커진다. 비교예의 경우, n-type의 트랜지스터가 영향이 크므로, 이중극자성의 균형이 잘 맞지 않아, 본 발명의 최적화된 두께와 비교하면 약한 빛이 발생한다는 것을 확인하였다.(도 7) 즉, 전자 수송층과 홀 수송층의 두께가 매우 중요하다는 것을 알 수 있으며, 이는 단순한 반복실험을 통해서 알아내지 못한 효과이다.

[0105] [수학식 1]

$$\mu = \frac{2L(I_{DS})}{WC_i(V_{GS} - V_T)^2}$$

[0106]

[0107] 단, 상기 수학식 1에서 L은 드레인과 소스 사이 채널의 너비 (μm)이고 IDS는 소스와 드레인 전극 사이에 흐르는 전류이며 W는 소스와 드레인 전극 사이 채널의 길이이고 Ci는 유전층으로 사용되는 이산화규소의 전기용량이고 단위는 nF/cm^2 이다. VGS는 소스와 게이트 전극 사이의 전압 (V)이고 VT은 문턱전압이다.

[0108] 도 8은 본 발명의 비교예로부터 제조된 유기발광 트랜지스터에서, 전자 수송층의 두께 변화에 따라 나타나는 출력(output) 특성을 측정한 그래프로, 이에 따르면, 전자 수송층(P13)의 두께가 150 Å가 되면 이중 극자성이 줄어들어서 빛이 적게 나오는 현상이 발생한다는 것과, 그래프에서 (+) 방향이 포화(saturation) 된다는 것을 확인하였다.

[0109] 도 9는 본 발명의 비교예로부터 제조된 유기발광 트랜지스터에서, 전자 수송층의 두께 변화에 따라 이동(transfer) 특성을 측정한 그래프이다. 상기 그래프는 빛이 나오는 구간과 광(光)루미네선스를 함께 도시한 것이다.

[0110] 양극성(ambipolar) 특성을 쉽게 확인 할 수 있는 도 9의 게이트 스위프(gate sweep) 그래프에서 N-type의 두께가 p-type보다 유기발광 트랜지스터의 전기적 특성에 더 많은 영향을 주는 것을 확인하였다.

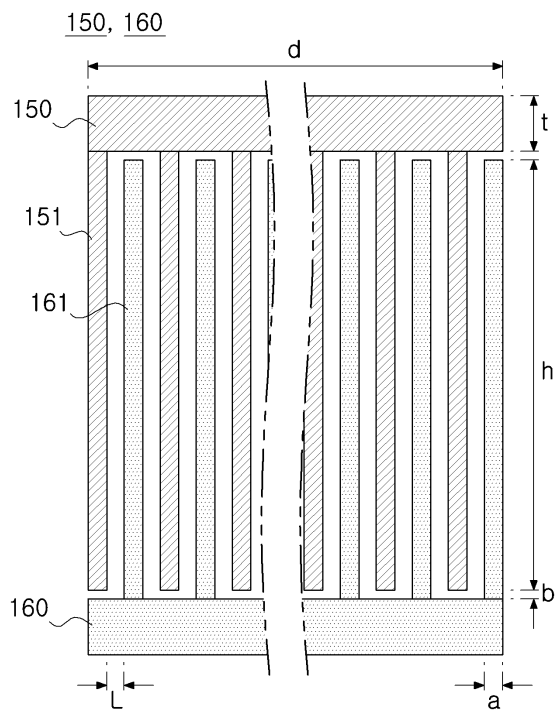
[0111] 즉, 본 발명에서 전자 수송층의 두께가 150 Å인 경우, 게이트 스위프(gate sweep) 그래프에서 유기발광 트랜지스터의 빛 세기가 현저히 감소한다는 것을 확인하였다.

[0112] 다시 말해, 종래 유기발광 트랜지스터의 연구 개발을 통해 다양한 반도체 소재들이 제공되었음에도 불과하고, 빛 세기 및 전기적 특성이 산업화 되기에는 현저히 부족한 실정이다. 이에 본 발명에서는 전자 수송층의 홀 수송층에서 전자, 정공의 흐르는 속도의 완벽한 균형을 제어함으로써, 개선된 효과, 즉, 상기 종래 유기발광 트랜지스터에 비해 우수한 유기발광 트랜지스터를 제공하고자 하였고, 본 실험을 통해 상기 균형을 달성하기 위해서는 전자 수송층과 홀 수송층과의 두께 간의 균형이 아주 중요하다는 것을 확인하였다.

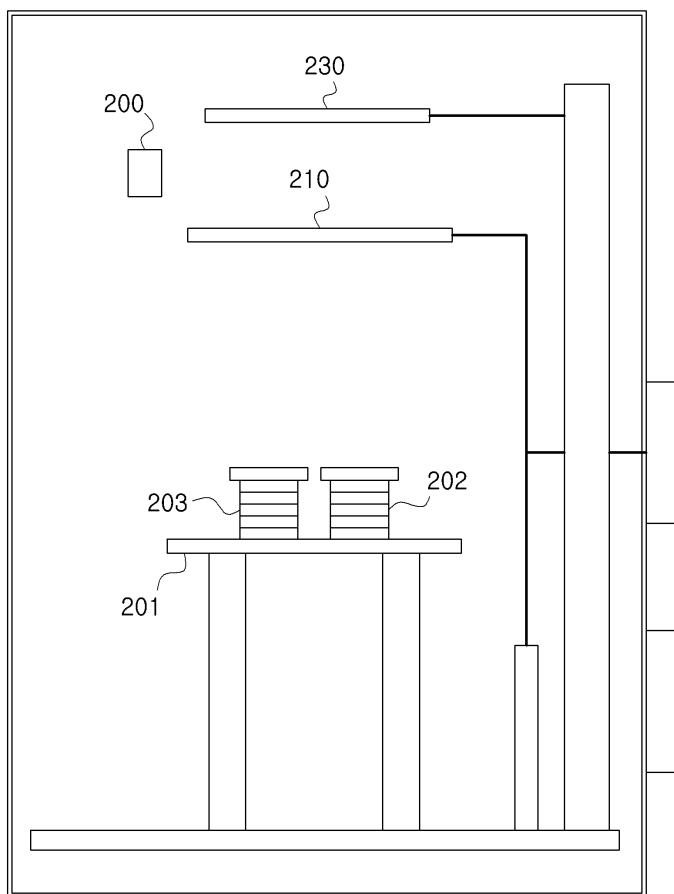
[0113] 따라서, 본 발명에서는 전자 수송층의 두께가 100 ~ 120 Å이고, 홀 수송층(132)의 두께는 270 ~ 290 Å일 때, 상기 전자와 정공간의 흐르는 속도에 균형이 잡혀 바람직하므로, 상기 재료의 개발을 통해 빛의 발광 및 이중극자성이 상기 전자 수송층과 홀 수송층의 범위를 벗어난 경우에 비해 현저히 강해진다는 것을 확인하였다.

[0114] 이에, 본 발명의 유기발광 트랜지스터는 내열성, 수율, 안정성과 같은 여타 다른 개선된 효과도 얻을 수

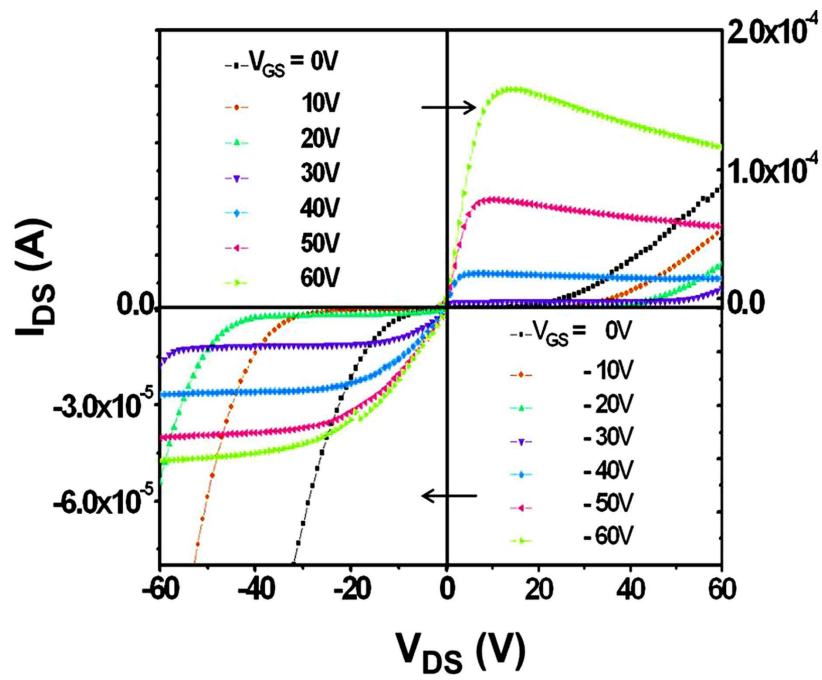
도면2



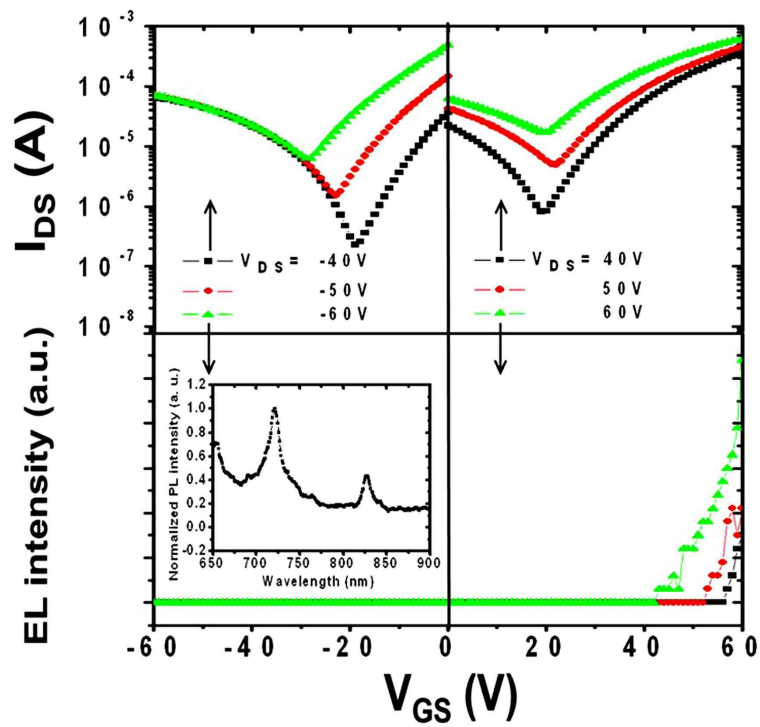
도면3



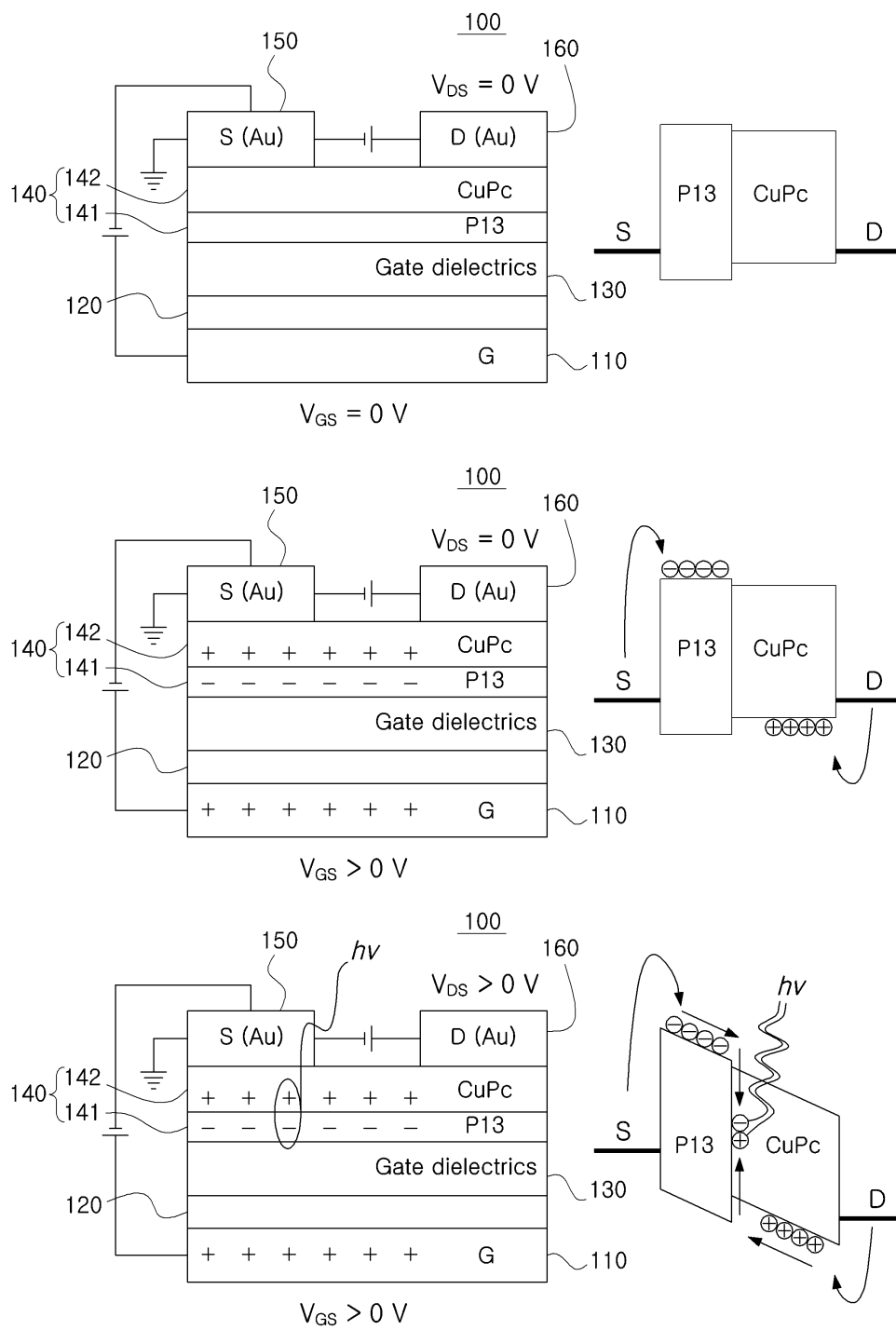
도면4



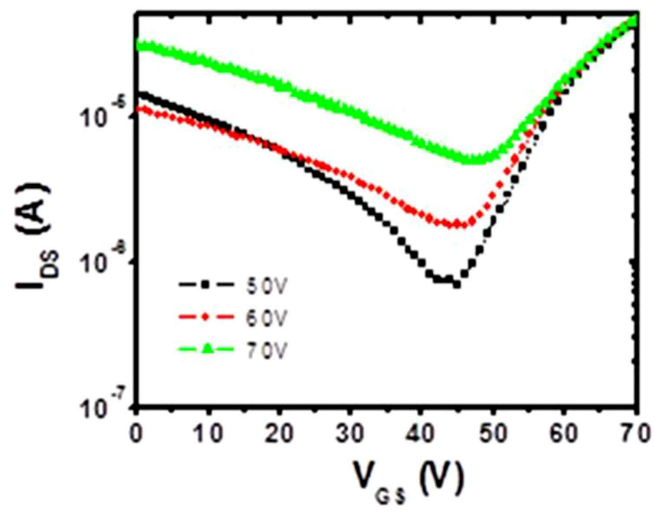
도면5



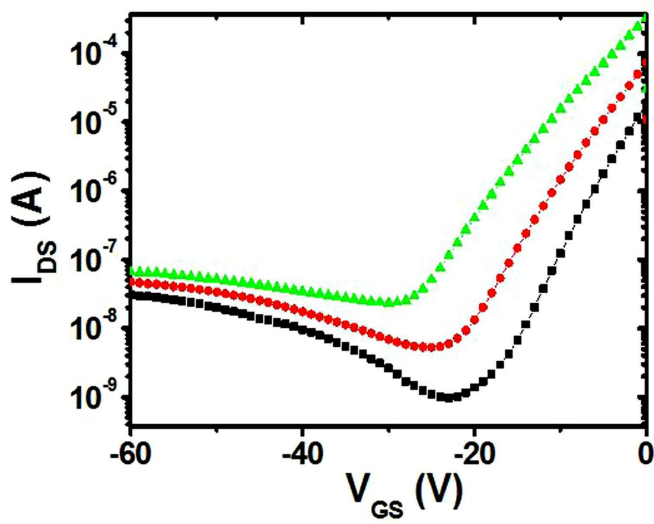
도면6



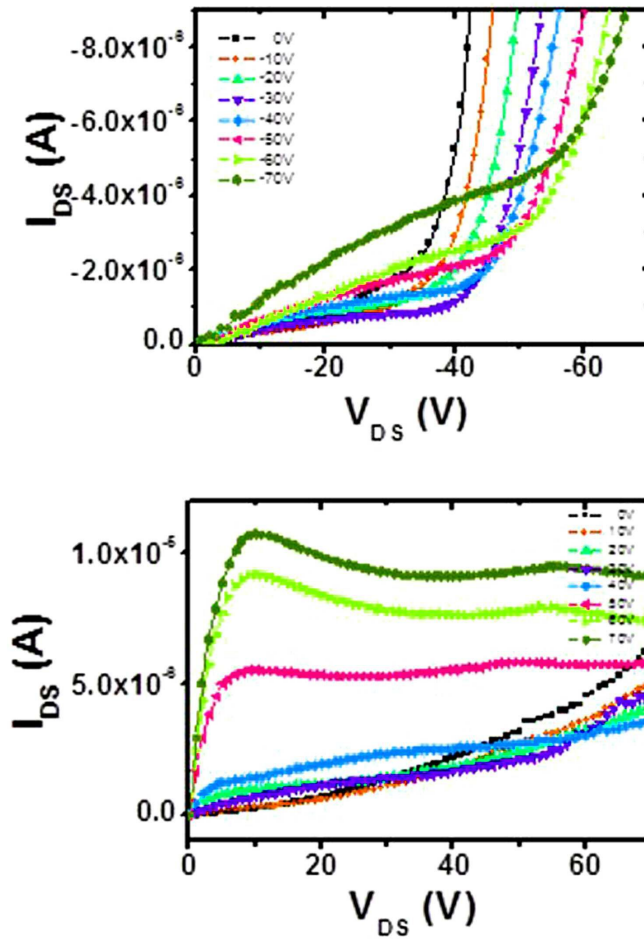
도면7a



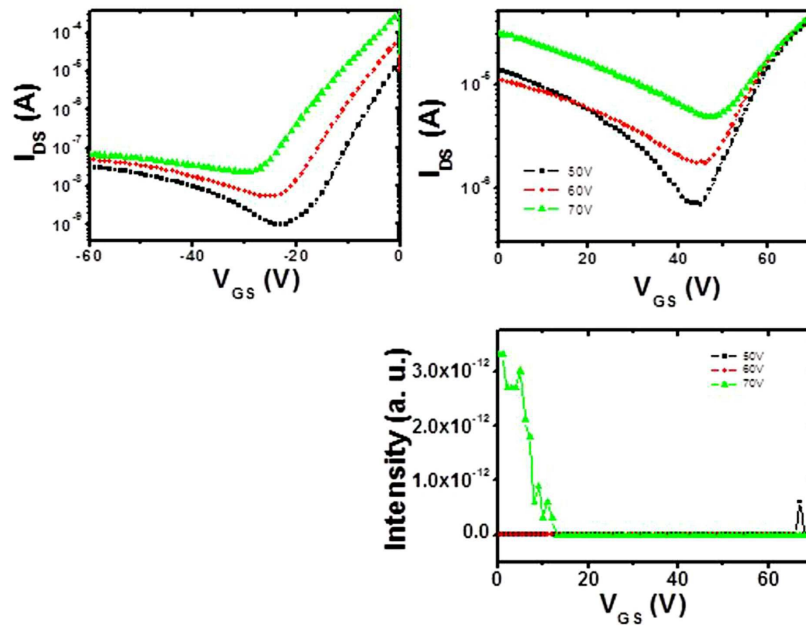
도면7b



도면8



도면9



도면10

